

PCT/EP 03 / 11962



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

25. 11. 2003

REC'D 27 FEB 2004

WIPO

PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02257475.0

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



PCT/EP 03 / 11962

Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Anmeldung Nr:
Application no.: 02257475.0
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 28.10.02
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Wittelsbacherplatz 2
80333 München
ALLEMAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Verfahren zur dezentralen Synchronisation in einem selbstorganisierenden
Funkkommunikationssystem

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

H04B7/00

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR

Beschreibung

Verfahren zur dezentralen Synchronisation in einem selbstorganisierenden Funkkommunikationssystem

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Synchronisation in einem zumindest teilweise selbstorganisierenden Funkkommunikationssystem mit einer Anzahl von Mobilstationen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

10

Die Erfindung betrifft ferner eine Mobilstation in einem zumindest teilweise selbstorganisierenden Funkkommunikationssystem nach dem Oberbegriff des Anspruchs 13, sowie ein Funkkommunikationssystem.

15

Kommunikationssysteme haben eine große Bedeutung im wirtschaftlichen, aber auch im privaten Bereich. Es sind starke Bestrebungen vorhanden, kabelgebundene Kommunikationssysteme mit Funkkommunikationssystemen zu verknüpfen. Die entstehenden hybriden Kommunikationssysteme führen zu einer Erhöhung der Zahl der zur Verfügung stehenden Dienste, ermöglichen aber auch eine größere Flexibilität auf Seiten der Kommunikation. So werden Geräte entwickelt, die unterschiedliche Systeme nutzen können (Multi Homing).

20

25

Den Funkkommunikationssystemen kommt dabei aufgrund der ermöglichten Mobilität der Teilnehmer eine große Bedeutung zu.

30

In Funkkommunikationssystemen werden Informationen (beispielsweise Sprache, Bildinformation, Videoinformation, SMS [Short Message Service] oder andere Daten) mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen über eine Funkschnittstelle zwischen sendender und empfangender Station (Basisstation bzw.

35

Teilnehmerstation) übertragen. Das Abstrahlen der elektromagnetischen Wellen erfolgt dabei mit Trägerfrequenzen, die in

dem für das jeweilige System vorgesehenen Frequenzband liegen.

- Für das eingeführte GSM-Mobilfunksystem (Global System for Mobile Communication) werden Frequenzen bei 900, 1800 und 1900 MHz genutzt. Diese Systeme übermitteln im wesentlichen Sprache, Telefax und Kurzmitteilungen SMS (Short Message Service) als auch digitale Daten.
- 10 Für zukünftige Mobilfunksysteme mit CDMA- oder TD/CDMA-Übertragungsverfahren, wie beispielsweise UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) oder andere Systeme der dritten Generation, sind Frequenzen im Frequenzband von ca. 2000 MHz vorgesehen. Diese Systeme der dritten Generation werden entwickelt mit den Zielen weltweiter Funkabdeckung, einem großen Angebot an Diensten zur Datenübertragung und vor allem eine flexible Verwaltung der Kapazität der Funkschnittstelle, die bei Funk-Kommunikationssystemen die Schnittstelle mit den geringsten Ressourcen ist. Bei diesen Funk-Kommunikationssystemen soll es vor allem durch die flexible Verwaltung der Funkschnittstelle möglich sein, dass einer Teilnehmerstation bei Bedarf eine große Datenmenge mit hoher Datengeschwindigkeit senden und/oder empfangen kann.
- 25 Der Zugriff von Stationen auf die gemeinsamen Funkressourcen des Übertragungsmedium, wie zum Beispiel Zeit, Frequenz, Leistung oder Raum, wird bei diesen Funk-Kommunikationssystemen durch Vielfachzugriffsverfahren (Multiple Access, MA) geregelt.
- 30 Bei Zeitbereichs-Vielfachzugriffsverfahren (TDMA) wird jedes Sende- und Empfangsfrequenzband in Zeitschlitzte unterteilt, wobei ein oder mehrere zyklisch wiederholte Zeitschlitzte den Stationen zugeteilt werden. Durch TDMA wird die Funkressource
- 35 Zeit stationsspezifisch separiert.

Bei Frequenzbereichs-Vielfachzugriffsverfahren (FDMA) wird der gesamte Frequenzbereich in schmalbandige Bereiche unterteilt, wobei ein oder mehrere schmalbandige Frequenzbänder den Stationen zugeteilt werden. Durch FDMA wird die Funkressource Frequenz stationsspezifisch separiert.

Bei Codebereichs-Vielfachzugriffsverfahren (CDMA) wird durch einen Spreizcode, der aus vielen einzelnen sogenannten Chips besteht, die zu Übertragende Leistung/Information stationsspezifisch codiert, wodurch die zu Übertragende Leistung codebedingt zufällig über einen großen Frequenzbereich gespreizt wird. Die von unterschiedlichen Stationen benutzen Spreizcodes innerhalb einer Zelle/Basisstation sind jeweils gegenseitig orthogonal oder im wesentlichen orthogonal, wodurch ein Empfänger die ihm zugedachte Signalleistung erkennt und andere Signale unterdrückt. Durch CDMA wird die Funkressource Leistung durch Spreizcodes stationsspezifisch separiert.

Bei orthogonalen Frequenz-Vielfachzugriffsverfahren (OFDM) werden die Daten breitbandig übermittelt, wobei das Frequenzband in äquidistante, orthogonale Unterträger eingeteilt wird, so dass die simultane Phasenverschiebung der Unterträger einen zwei-dimensionalen Datenfluss im Zeit-Frequenz Bereich aufspannt. Durch OFDM wird die Funkressource Frequenz mittels orthogonalen Unterträgern stationsspezifisch separiert. Die während einer Zeiteinheit auf den orthogonalen Unterträgern übermittelten zusammengefassten Datensymbole werden als OFDM Symbole bezeichnet.

Die Vielfachzugriffsverfahren können kombiniert werden. So benutzen viele Funkkommunikationssysteme eine Kombination der TDMA und FDMA Verfahren, wobei jedes schmalbandige Frequenzband in Zeitschlitzte unterteilt ist.

Für das erwähnte UMTS-Mobilfunksystem wird zwischen einem sogenannten FDD-Modus (Frequency Division Duplex) und einem

TDD-Modus (Time Division Duplex) unterschieden. Der TDD-Modus zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass ein gemeinsames Frequenzband sowohl für die Signalübertragung in Aufwärtsrichtung (UL - Uplink) als auch in Abwärtsrichtung (DL - Downlink) genutzt wird, während der FDD-Modus für die beiden Übertragungsrichtungen jeweils ein unterschiedliches Frequenzband nutzt.

In Funkkommunikationsverbindungen der zweiten und/oder dritten Generation können Informationen kanalvermittelt (CS Circuit Switched) oder paketvermittelt (PS Packet Switched) übertragen werden.

Die Verbindung zwischen den einzelnen Stationen erfolgt über eine Funkkommunikations-Schnittstelle (Luftschnittstelle). Basisstation und Funknetzwerkkontrolleinrichtung sind üblicherweise Bestandteile eines Basisstationssubsystems (RNS Radio Network Subsystem). Ein zellulARES Funkkommunikationssystem umfasst in der Regel mehrere Basisstationssubsysteme, die an ein Kernnetz (CN Core Network) angeschlossen sind. Dabei ist die Funknetzwerk-kontrolleinrichtung des Basisstationssubsystems in der Regel mit einer Zugangseinrichtung des Kernnetzes verbunden.

Neben diesen hierarchisch organisierten zellularen Funkkommunikationssystemen gewinnen selbstorganisierende drahtlose Funkkommunikationssysteme - beispielsweise sogenannte Ad Hoc Systeme - zunehmend an Bedeutung, auch in zellularen Funkkommunikationssystemen.

Selbstorganisierende Funkkommunikationssysteme erlauben im allgemeinen auch die direkte Kommunikation zwischen mobilen Endgeräten und besitzen nicht notwendigerweise eine zentrale Instanz, die den Zugriff auf das Übertragungsmedium steuert.

- Selbstorganisierende Funkkommunikationssysteme ermöglichen, dass Datenpakete direkt zwischen beweglichen Funkstationen ohne Mitwirkung von Basisstationen ausgetauscht werden können. In einem solchen Funknetz ist folglich eine
- 5 Infrastruktur in Form von Basisstationen innerhalb einer zellularen Struktur nicht erforderlich. Stattdessen können Datenpakete zwischen beweglichen Funkstationen ausgetauscht werden, die sich zueinander in Funkreichweite befinden. Um den Austausch von Datenpaketen grundsätzlich zu ermöglichen,
- 10 ist eine Synchronisation zwischen den in der Regel beweglichen Funkstationen erforderlich. Im Falle einer drahtlosen Übertragung über elektromagnetische Wellen bedeutet dies z.B. den Abgleich von Trägerfrequenz (Frequenzsynchronisation) und Zeitraster (Zeitsynchronisation).
- 15 Für die Synchronisation in mobilen Datenfunknetzen sind unterschiedliche Lösungen denkbar. So können die Mobilstationen über eine gemeinsame Referenz verfügen, die z.B. über GPS übertragen wird. Es gibt somit im System eine
- 20 global bekannte Zeitinformation, nach der sich alle Mobilstationen richten können (z.B. VDL Mode 4, bzw. WO 93/01576, „A Position Indicating System“). Nachteilig an diesem Verfahren ist zum einen, dass alle Mobilstationen über einen kostenintensiven GPS-Empfänger verfügen müssen. Zum
- 25 anderen ist der Empfang von GPS-Signalen z.B. in Gebäuden nicht immer voll gewährleistet. Andere Systeme wiederum, wie z.B. TETRA, gewährleisten die Auswahl eines Masters, der die Funktion eines ‚Taktgebers‘ für den ihm zugeordneten Frequenzbereich übernimmt. Eine hohe Granularität über die
- 30 Zeit (TDMA) und/oder den Code (CDMA) scheidet bei solchen Verfahren allerdings aus. Für die Separierung der Teilnehmer wird hier vorzugsweise eine FDMA Komponente eingesetzt. Eine dritte Gruppe von Systemen wiederum, wie z.B. IEEE802.11 verzichten auf ein gemeinsames Zeitraster. Die Mobilstationen
- 35 synchronisieren sich in Form einer One-Shot-Synchronisation auf den jeweils empfangenen Datenburst. Hier ist allerdings

eine Reservierung von Ressourcen in Form von Zeitschlitzten zur Gewährleistung der QoS nicht mehr möglich.

- Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren, eine
- 5 Mobilstation und Funkkommunikationssystem der eingangs genannten Art aufzuzeigen, welche eine zeitliche Synchronisation zwischen beweglichen Funkstationen für ein selbstorganisierendes Datenfunknetz ermöglichen, ohne dass hierfür eine zellulare Infrastruktur vorhanden sein muss. Die
- 10 Synchronisation sollte nicht auf GPS angewiesen und dezentral organisierbar sein. Trotzdem sollte eine Rahmenstruktur in einer stark zeitvarianten Netztopologie unterstützt werden können, denn es sollte insbesondere die Synchronisation bei hoher Mobilität der Teilnehmer ermöglicht werden, d.h. bei
- 15 starker Fluktuation der Netzwerktopologie (z.B. bei Mobilstationen in sich bewegendenden Fahrzeugen, vgl. Fig. 1). Zusätzlich sollte in einem weiteren Schritt die Vereinigung asynchron laufender Cluster hinsichtlich der Synchronisation betrachtet werden, wobei in gegenseitiger Funkreichweite
- 20 liegende Mobilstationen als Cluster bezeichnet werden.

- Die Aufgabe wird für das Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, für die Mobilstation mit den Merkmalen des
- 25 Anspruchs 13 und für das Funkkommunikationssystem mit den Merkmalen des Anspruchs 15 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltung und Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

- 30 Erfindungsgemäß werden zumindest einige Mobilstationen aus der Anzahl von Mobilstationen Synchronisationssequenzen übertragen, anhand deren sich ein Teil der oder alle Mobilstationen der Anzahl von Mobilstationen aufsynchro-
- 35 nisieren.

Aufgrund der Unabhängigkeit der Synchronisation von der zellularen Infrastruktur und insbesondere von Basisstationen

erfolgt die Synchronisation dezentral. Die Teilnehmerstationen können, müssen aber nicht mobil sein. Im folgenden werden diese Teilnehmerstationen als Mobilstationen bezeichnet.

5

Die Erfindung ist insbesondere für TDD/TDMA basierte Technologien - wie sie derzeit für die nächste Generation der Mobilkommunikation diskutiert werden - geeignet.

- Beispielsweise kann die Erfindung mit Vorteil bei einer Variante der (aktuellen) 3. Generation der Mobilkommunikation eingesetzt werden, denn die dezentral organisierte Synchronisation für hochmobile Datenfunknetze kann für die Low Chip Rate (LCR) Variante von UTRA TDD realisiert werden. Portierung der Algorithmen auf TSM bzw. HCR sind einfach umzusetzen. Darüber hinaus ist auch die Anwendung auf andere zeitschlitzorientierte Access-Systeme, wie z.B. DECT, möglich.

- In selbstorganisierenden Funknetzen mit einer zentral organisierten Synchronisation übernimmt - innerhalb eines Clusters - eine Mobilstation die Funktion des Taktgebers. Diese Rolle kann zu Beginn des Netzaufbaus festgelegt werden. Sie kann aber auch von zeitlich begrenzter Dauer sein. Protokollmechanismen, die die Auswahl der entsprechenden Mobilstation organisieren sind bekannt (vgl. z.B. HIPERLAN2).

- Bei einer dezentral organisierten Synchronisation nach der vorliegenden Erfindung übernimmt nicht eine einzelne Mobilstation die Funktion des Taktgebers, sondern eine Teilmenge aller beteiligten Mobilstationen. Im Grenzfall können sogar alle Mobilstationen zur Aufrechterhaltung der Synchronisation herangezogen werden.

- Neben den eigentlichen Nutzdaten übertragen diese Mobilstationen auch Synchronisationssequenzen. Die Synchronisationssequenzen können dabei Teil eines informationstragenden Datenpaketes sein. Sie können aber auch

separat durch einen eigenen d.h. von der Nutzdatenübertragung separaten Synchronisationskanal, der über Frequenz, Zeit und/oder Code-Multiplex definiert wird, dem Funknetz zur Verfügung gestellt werden.

5

Aufsynchronisierende Mobilstationen detektieren die Synchronisationslagen $T_{\text{sync},i}$ der anderen Mobilstationen und leiten ihre eigene Synchronisationslage aus diesen ab. Die Güte der einzelnen detektierten Synchronisationslagen - die
 10 z.B. aus deren Empfangssignalstärke abgeleitet werden kann - kann dabei ebenso berücksichtigt werden, wie die vorhergehende Synchronisationslage der aufsynchronisierenden Mobilstation.

15 Für die zeitliche Synchronisationslage T_{sync} kann beispielhaft der folgende Zusammenhang angesetzt werden:

$$T_{\text{sync}} = \alpha \cdot T_{\text{sync,old}} + \frac{1-\alpha}{\sum_i g_i} \sum_i g_i \cdot T_{\text{sync},i}; 0 \leq \alpha \leq 1$$

Dabei ist α ein Gewichtungsfaktor für die vorhergehende
 20 Synchronisationslage $T_{\text{sync,old}}$ der aufsynchronisierenden Mobilstation. Für die Gewichtung g_i der aktuell detektierten Synchronisationslagen der anderen Mobiles i gibt es unterschiedliche Strategien. Es werden nachfolgend exemplarisch zwei aufgeführt:

25

1.) Detektion des Maximum: $g_i = \begin{cases} 1 & \text{für max Empf.pegel} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$

2.) Gewichtung mit dem Empfangspegel

30 Es hat sich gezeigt, dass für die Konvergenz der dezentralen Synchronisation die Berücksichtigung der vorhergehenden Synchronisationszeitpunkte von besonderer Bedeutung ist und daher bevorzugt für die Bestimmung in Kombination mit Synchronisationslagen der anderen Mobil eingesetzt wird. Auf

diese Weise kann der Schätzwert ,kontinuierlich' verbessert werden.

Da der Synchronisationszeitpunkt einer Mobilstation i.a. aus
5 mehreren Referenzen abgeleitet wird, die Signallaufzeiten auf
Grund der unterschiedlichen Distanzen zwischen den einzelnen
Mobiles allerdings sehr unterschiedlich sein können, ist im
Gegensatz zur Synchronisation in einem zentral organisierten
Netz (z.B. mit einer Basisstation) die Varianz der
10 Synchronisationslage möglicherweise höher. Dies kann bei der
Dimensionierung der entsprechenden Guard-Intervalle
berücksichtigt werden. Bei einer Reichweite von 1 km z.B.
ergibt sich allein auf Grund der Laufzeitdifferenzen eine
zusätzliche Toleranz von bis zu 3 μ s, die kompensiert werden
15 sollte.

Im folgenden werden einige Ausführungsvarianten beschrieben:

A. Das Aussenden der Synchronisationsdaten kann im gleichen
20 Burst, der auch die Daten trägt, erfolgen. Die Lage (z.B. als
Pre- oder Mid-Ambel) der Synchronisationsdaten zur
eigentlichen Datensequenz ist dabei irrelevant.

B. Das Verfahren ist nicht an eine gemeinsame Übertragung von
25 Synchronisationsdaten und der eigentlichen Datensequenz
gebunden. Die Synchronisationsdaten können wahlweise auch
über einen weiteren Burst, der durch eine CDMA, TDMA oder
aber auch FDMA Komponente vom eigentlichen Datenburst
separiert wird, übertragen werden. Entscheidend ist
30 lediglich, dass die relative Lage dieser Bursts zum
eigentlichen Datenburst eindeutig festgelegt sein muss.

C. Für eine Aufrechterhaltung der Synchronisation ist die
zyklische (nicht notwendigerweise periodische) Aussendung
35 der Synchronisationssequenz bedeutend. Ein, mehrere oder aber
auch alle Mobiles müssen gewährleisten, dass dieser ,Dienst'
der Luftschnittstelle zur Verfügung gestellt wird. Dies gilt
insbesondere auch dann, wenn keines der beteiligten Mobiles

- Nutzdaten überträgt. Das zyklische Aussenden eines Burst - im folgenden auch als Beacon bezeichnet, der unter anderem auch die Synchronisationsfolge trägt, ist sowohl für die dezentrale Synchronisation gemäß dem hier beschriebenen
- 5 Verfahren, als auch die Organisation des selbstorganisierenden Netzes - z. B. zur Identifikation der innerhalb der Funkreichweite liegenden Nachbarn, sowie der Aktualisierung der „Nachbarliste“ - von außerordentlichem Vorteil.
- 10 D. Jede Mobilstation leitet ihren eigenen Referenztakt aus den Synchronisationssignalen der Mobilstationen ab, die innerhalb ihrer Synchronisationsreichweite liegen. Die Qualität und Güte dieser Referenzen kann sehr unterschiedlich
- 15 sein. Während eine der Mobilstationen als Referenz auch ein GPS Signal verwendet, kann eine andere lediglich ihren Referenztakt aus den Empfangssignalen der anderen Mobilstationen ableiten. Zur Verbesserung der Synchronisation kann z.B. im Beacon ein Maß für die Qualität der Referenz
- 20 angegeben werden, was dann bei der Berechnung des optimalen Abtastzeitpunktes durch eine entsprechende Gewichtung berücksichtigt werden kann.
- E. Für Zugriffsverfahren, die mehrere Zeitschlitzte in einem
- 25 Rahmen oder aber sogar mehrere Rahmen zu sogenannten Superrahmen zusammenfassen, müssen Mechanismen definiert werden, die eine Rahmensynchronisation unterstützen. Hier bietet es sich an, die jeweiligen Zeitschlitzte zu markieren, so daß aus der Markierung auf die Lage im jeweiligen Rahmen
- 30 rückgeschlossen werden kann.
- Eine einfache Möglichkeit besteht z.B. in der Verwendung einer anderen Synchronisationssequenz für den ersten Zeitschlitz, wie in Beispiel 1 in Fig. 2 gezeigt. Fig. 2
- 35 zeigt die Markierung der Synchronisationssequenz zur Rahmensynchronisation zu Beispiel 1. Nachteilig bei diesem Verfahren ist allerdings die relativ hohe Dauer für das Auffinden des Rahmenanfangs. Im ungünstigsten Falle muss die

komplette Rahmendauer gewartet werden, bis sich die entsprechende, den Rahmen definierende Sequenz wiederholt (vorausgesetzt es wird dafür Sorge getragen, dass zumindest einer der Teilnehmer einen Beacon im ersten Zeitschlitz generiert). Eine schnellere Möglichkeit zur Rahmensynchronisation zeigt Beispiel 2 in Fig. 3. Fig. 3 zeigt die Markierung der Synchronisationssequenz zur Rahmensynchronisation zu Beispiel 2. Hier ist die Synchronisationsfolge immer abhängig von der Position im Rahmen, d.h. jedem Zeitschlitz wird eine eindeutige Synchronisationsfolge zugeteilt (bzw. ein Satz von eindeutigen Synchronisationsfolgen). Die Zeitschlitzsynchronisation liefert damit inherent auch die Rahmensynchronisation. Nachteilig ist hier allerdings der hohe numerische Aufwand, da für jede eigenständige Synchronisationsfolge ein eigener Korrelator bedient werden muß.

Sequential Synchronisation - Joint Synchronisation:

Die dezentrale Synchronisation zeichnet sich dadurch aus, daß die Synchronisationssequenzen nicht von einer einzelnen Mobilstation, sondern von mehreren Mobilstationen gesendet werden können. Grundsätzlich können die Synchronisationssequenzen der unterschiedlichen Mobilstationen unterschiedliche oder aber die gleiche Funkressource (die festgelegt ist durch Frequenzband, Zeitschlitz und/oder Code) belegen. Demnach werden zwei Typen der dezentralen Synchronisation im Rahmen dieser Erfindung unterschieden:

- * Sequential Synchronisation
- * Joint Synchronisation

Zur Erläuterung soll für beide Modi eine dezentrale Synchronisation auf Basis der von der 3GPP definierten Rahmenstruktur für den UTRA-TDD Modus (Low Chip Rate)

erläutert werden. Dies ist in Fig. 4 skizziert [3GPP TS 25.221 V4.1.0].

5 Ergänzend zu Fig. 4 ist anzugeben:

10 Time slot#n (n from 0 to 6): the n^{th} traffic time slot, 864 chips duration;
 DwPTS: downlink pilot time slot, 96 chips duration;
 UpPTS: uplink pilot time slot, 160 chips duration;
 GP: main guard period for TDD operation, 96 chips duration;

15 Der gewählte Rahmenaufbau ist auch für TSM gültig. Eine Portierung auf die High Chip Rate Variante von UTRA-TDD ist problemlos möglich.

Sequential Synchronisation:

20 Die Rahmenstruktur von UTRA-TDD wurde für den Betrieb in zellularen Netzen optimiert. Für den Betrieb in einem selbstorganisierenden Funknetz sind leichte Modifikationen erforderlich. Unter anderem wird für die Lösung der Power Impairment Problematik vorgeschlagen, dass innerhalb eines
 25 Zeitschlitzes nur eine Mobilstation den Sendebetrieb aufnehmen darf. Die bis zu 16 unterschiedlichen Codes werden dann verwendet, um unterschiedliche Empfangs-Mobiles zu adressieren. Da ständig in einer Art 'Down-Link Mode' operiert wird, kann auf unterschiedliche Midambeln innerhalb
 30 eines Zeitschlitzes verzichtet werden, da jedes der empfangenden Mobiles nur auf die Schätzung eines einzigen Kanals angewiesen ist. Durch die Korrelation auf die charakteristische Midambel des jeweiligen Zeitschlitzes, kann das Timing des jeweiligen Mobiles in Relation zum eigenen
 35 Timing festgestellt werden. Die Mittelung über die gefundenen Synchronisationslagen gibt dann ein Maß dafür an, wie weit das eigene 'Zeitraster' angeglichen werden muss. Zur

Aufwandsreduktion kann in allen Zeitschlitzten mit der gleichen Midambel operiert werden. Für die Rahmensynchronisation ist es allerdings erforderlich einen Slot gesondert zu markieren, indem z.B. für diesen Slot eine

5 gesonderte Synchronisationssequenz ausgewiesen wird. Es ist weiterhin in diesem Fall dafür Sorge zu tragen, dass dieser Slot immer von einer Mobilstation genutzt wird, da sonst die Rahmensynchronisation nicht aufrecht erhalten werden kann.

10

Joint Synchronisation:

Zusätzlich zum eigentlichen datentragenden Burst wird hier von einem Teil der Mobiles die gleiche

15 Synchronisationssequenz/Beacon gleichzeitig in einem gesonderten Zeitschlitz gesendet. Dies vereinfacht den Aufwand für die Synchronisation erheblich.

- 20 • Die Rahmensynchronisation ist impliziter Bestandteil des Algorithmus
- Aufwändige Mittelwertbildung zum Auffinden der eigenen Sync.Lage entfällt. Die Mittelung erfolgt gewissermaßen auf dem Übertragungsmedium durch die Überlagerung der die Synchronisationssequenzen
- 25 tragenden Signale.
- Der Synchronisationsmechanismus ist - abgesehen davon, dass das Mobile zeitweise selbst die Sync.-Sequenz abstrahlt - völlig identisch zum Betrieb im zellularen Fall.

30

Im Falle von UTRA-TDD LCR stehen zwei gesonderte Synchronisations-Zeitschlitzte zur Verfügung. Beide könnten im Falle der Joint Synchronisation sinnvoll eingesetzt werden.

35 Eine Zeitschlitz wird zum Empfang der Synchronisationsfolge der umgebenden Mobiles eingesetzt, der andere zum Senden einer eigenen Synchronisationsfolge. Damit senden alle

Mobiles in jedem Rahmen einmal ihre Synchronisationsfolge aus und sind gleichzeitig einmal in der Lage sich auf ihre Umgebung aufzusynchronisieren. Bei der Aufsynchroisation eines Mobiles auf ein bereits bestehendes Cluster wäre es
5 allerdings - als Ausnahme von dieser Regel - möglich beide Synchronisationszeitschlitz im Empfangsmodus zu betreiben. Zur Differenzierung der Synchronisationszeitschlitz wird dem ersten und zweiten Zeitschlitz eine unterschiedliche Synchronisationssequenz zugeteilt. Jedes Mobile sollte die
10 Aussendung seiner Synchronisationsfolge dem Zeitschlitz zuordnen, der die geringere Empfangsleistung aufweist, damit wird eine näherungsweise gleichmäßige Zuteilung der Mobiles zu beiden Zeitschlitz gewährleistet. Insbesondere beim Aufbau des Clusters wird das zweite aktive Mobile dem nicht
15 besetzten Zeitschlitz zugeordnet.

Zur Erläuterung von Sequential und Joint Decentral Synchronisation siehe die Fig. 5. Im oberen Teil Fig. 5A von Fig. 5 ist die Sequential Decentral Synchronisation und im
20 unteren Teil Fig. 5B die Joint Decentral Synchronisation dargestellt.

Nachfolgend wird die Synchronisation von asynchronen
25 Clustern/Stationen betrachtet. Dabei wird das Prinzip der Schutz-Zone angewendet.

Eine der wesentlichen Herausforderungen, die die Synchronisation in mobilen selbstorganisierenden Netzen
30 stellt, veranschaulicht Fig. 6. Hier werden unabhängig voneinander 2 Cluster (mit jeweils 3 Stationen) aufgebaut, die auf Grund ihrer Entfernung (beide Cluster liegen außerhalb ihrer gegenseitigen Funkreichweite) asynchron zueinander betrieben werden können. Ohne eine Referenz, wie
35 z.B. GPS oder die Basisstation eines Mobilfunksystems, kann ein synchroner Gleichlauf beider Cluster nicht garantiert werden. Im Rahmen dieser Erfindung soll ein Verfahren

beschrieben werden, das - insbesondere im Falle von ,sich vereinigenden' Clustern - einen ,lokalen' Abgleich der Synchronisationsparameter erzielt, noch bevor es zu einem Austausch von Daten zwischen den Mobiles der unterschiedlichen Cluster kommt.

Die aufgezeigte Lösung gilt für selbstorganisierende Funknetze mit einer zentral organisierten Synchronisation, aber auch unabhängig davon.

Datenfunkreichweite und Synchronisationsreichweite:

Die Datenfunkreichweite soll dabei als die Reichweite definiert werden, in der ein potentieller Empfänger eine festgelegte BER ,gerade noch' gewährleisten kann. Entsprechend wird die Synchronisationsreichweite, als die Reichweite definiert, in der die korrekte Detektion der Synchronisationsparameter, wie z.B. der Zeitlage, durch einen potentiellen Empfänger mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit gewährleistet werden kann.

Schutz-Zone:

Erfindungsgemäß soll die Synchronisationsreichweite einer Stationen größer sein als die resultierende Reichweite der Nutzdaten („Datenfunkreichweite“). Die Überreichweite der Synchronisationsinformation definiert dabei die sogenannte Schutzzone, die vorteilhaft genutzt werden kann, um einen lokalen Gleichlauf bestimmter Systemparameter zu erzielen, bevor der Datenaustausch zwischen den Stationen des gleichen Clusters durch die Transmissionen einer oder mehrerer Stationen des zweiten, sich nähernden Clusters signifikant gestört wird.

Fig. 7 verdeutlicht das Prinzip einerseits einer aktiven Schutz-Zone und andererseits einer passiven Schutz-Zone.

Je nachdem ob die referenzierte Stationen als Sender oder aber als Empfänger arbeitet, spricht man von aktiver bzw. passiver Schutz-Zone. Im ersteren Fall gewährleistet die Schutz-Zone, dass alle Stationen innerhalb der Datenfunkreichweite, die von der Stationen N1 gesendeten Daten empfangen; im zweiten Fall, dass alle Stationen innerhalb der Datenfunkreichweite der Stationen N1 die Daten zustellen können ohne dass eine asynchron laufendes zweites Cluster zu Störungen führen kann.

Das Ziel einer höheren Synchronisationsreichweite gegenüber der Datenfunkreichweite kann technisch durch folgende Verfahren (angewandt auf die Synchronisationsfolge) realisiert werden:

- Höhere Sendeleistung (Lage in einem separaten Frequenzband erforderlich)
- niedrigerer Modulationsindex
- höherer Spreizfaktor bei Einsatz von Bandspreiztechniken
- höhere Empfängerempfindlichkeit
- (optionale) Festlegung eines minimal benötigten Empfangspegels für die Datendetektion

25

Veranschaulichung der Schutz-Zone am Beispiel von UTRA TDD LCR:

In den folgenden Ausführungen sollen die Anforderungen an eine aktive bzw. passive Schutz-Zone detaillierter für den Fall eines selbstorganisierenden Netzes auf Basis von UTRA TDD LCR betrachtet werden. Folgende Annahmen wurden getroffen:

- die Sendeleistung S aller Stationen sei gleich groß (UE class 2 : 250mW : 24dBm)

- die Sendeleistung von Datenburst und Synchronisationsburst sei gleich groß
- der Spreizfaktor für die Daten sei max. 16; der für die Synchronisation 144
- der Signal-Stör-Abstand (SNR) ..
 - .. für eine mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% erfolgreiche Synchronisation liegt bei $\delta_s = -7.0$ dB
 - .. für die Daten-Detektion δ_D - eine Packet Error Rate von $<10^{-2}$ soll garantiert werden - liegt bei max. $\delta_D = 7$ dB, womit sich ein Abstand von $\Delta\delta = \delta_D - \delta_s = 14$ dB ergibt.
- die Empfängerempfindlichkeit E_{D0} für die Daten liege entsprechend dem Standard bei $E_{D0} = -105$ dBm. Die Empfängerempfindlichkeit für die Synchronisation ist um $\Delta\delta$ empfindlicher als E_{D0} und liegt demnach bei $E_s = E_{D0} - \Delta\delta$. Zur Reduktion der Datenreichweite kann (optional) der benötigte Empfangspegel für die Datendetektion E_D um $\epsilon_D > 0$ dB angehoben werden, d.h. $E_D = E_{D0} + \epsilon_D = -105$ dBm + ϵ_D . Im folgenden werden zwei Beispiele gezeigt, wobei im ersten die Anhebung des Empfangspegels notwendig ist, um die Schutzzone aufrecht zu erhalten und wo im zweiten auf die Anhebung des Pegels verzichtet und damit eine höhere Reichweite erzielt werden kann.
- Die Synchronisationsreichweite wird durch die Differenz aus Sendepegel und Empfängerempfindlichkeit E_s festgelegt, das Link-Budget für die Sync. ergibt sich demnach zu

$$\xi_s = S - E_s = S - E_{D0} + \Delta\delta$$

$$= 129 \text{ dB} + \Delta\delta.$$
 Entsprechend gilt für die Datenreichweite

$$\xi_D = S - E_D = S - E_{D0} - \epsilon_D = \xi_s - \Delta\delta - \epsilon_D$$

$$= 129 \text{ dB} - \epsilon_D.$$

Dazu ist die Darstellung in Fig. 8 zu betrachten.

Die Anforderungen an eine aktive Schutz-Zone sollen an Hand obiger Abbildung kurz erläutert werden. Mit der Transmission eines Datenbursts durch die Stationen N_1 wird sowohl die

5 Datenreichweite als auch - durch die gleichzeitige Emission der Midambel - die Sync.-Reichweite und damit die Schutz-Zone (für die Station N_1) festgelegt. Eine Station N_2 liege in Datenfunkreichweite von N_1 . Die Störleistung eines potentiellen Störers (Station N_4) soll um δ_D niedriger liegen

10 als die Empfangsleistung, des von der Station N_1 übertragenen Datenpakets. Der Path Loss zwischen Empfangs-Station N_2 und potentielllem Störer N_4 sollte dementsprechend $\delta_D + \xi_D$ betragen. Auf Grund der unterschiedlichen Ausbreitungswege zw. N_1 und N_2 respektive zw. N_4 und N_2 muß die Synchronisationsreichweite

15 mindestens $\xi_S = 2\xi_D + \delta_D$ betragen. Damit muß der notwendige Pegel für den Datenempfang um $\epsilon_D = 0.5 (S - E_{D0} + \delta_S) = 61$ dB auf $E_D = -44$ dBm angehoben werden. Mit einer Freiraumdämpfung von

20
$$p/dB = 32.44 + 20\log_{10}(r/km) + 20\log_{10}(f_c/MHz)$$

ergibt sich damit eine Datenreichweite < 50 m.

25 Die Darstellung in Fig. 9 zeigt folgendes:
Im Gegensatz zur aktiven Schutz-Zone schützt die passive nicht den Datenempfang einer dritten Station, die innerhalb der Datenreichweite von N_1 liegt, sondern garantiert vielmehr, dass eine Datenübertragung von Stationen wie N_2 , N_3

30 zu N_1 durch das sich nähernde zweite Cluster aus den Nodes N_4 , N_5 , N_6 nicht signifikant gestört wird. Dies vereinfacht die Anforderungen an die Schutz-Zone erheblich. Die Synchronisationsreichweite muss hier lediglich einen Abstand von

35
$$\xi_S = \xi_D + \delta_D$$

garantieren. Damit gilt für die Anhebung der Empfängerempfindlichkeit auf einen minimalen Empfangspegel für die Datendetektion $\epsilon_D = \delta_S < 0$ dB. Eine Anhebung der

Empfängerempfindlichkeit ist hiermit nicht erforderlich. Es verbleibt eine Reserve von 7 dB. Die erzielbaren Daten-Reichweiten liegen deutlich über 10 km.

5 Dabei ist folgendes festzuhalten:

- Mit einer passiven Schutz-Zone lassen sich wesentlich höhere Reichweiten erzielen als bei Verwendung eines aktiven.
- 10 • Der Aufwand für die Synchronisation ist bei der passiven Schutz-Zone wesentlich höher. Die passive Schutz-Zone muß einen potentiellen Sender ,schützen', was die ständige/zyklische Transmission seiner Sync-Sequenz erforderlich macht. Dies gilt im Prinzip für alle
- 15 Stationen eines Clusters. Die aktive Schutz-Zone hingegen muss nur für die entsprechende Station kurz bevor die Transmission erfolgt aufgebaut werden. Zur effizienten Ausnutzung der Funkressourcen sollte die passive Schutz-Zone mit einer Joint Synchronisation -
- 20 hier wird nur eine Ressource von allen Mobiles eines Clusters gemeinsam belegt - kombiniert werden.
- Wird mit unterschiedlichen Sendeleistungen gearbeitet, so muss man entweder für die Transmission der Sync.-Sequenz in ein separates Frequenzband ausweichen (und
- 25 dort mit der max. Sendeleistung arbeiten) oder aber die Differenz zwischen max. und minimaler Sendeleistung im Leistungs-Budget berücksichtigen.

In mobilen Datenfunknetzen stellt insbesondere die

30 Vereinigung zweier unabhängig voneinander aufsynchronisierter und damit in der Regel asynchroner Cluster hohe Anforderungen an die dezentrale Synchronisation. Erfindungsgemäß soll die Synchronisationsreichweite einer Station größer sein als die resultierende Reichweite der Nutzdaten. Die Überreichweite

35 der Synchronisationsinformation definiert dabei die sogenannte Schutz-Zone, das vorteilhaft genutzt werden kann, um einen lokalen Gleichlauf bestimmter Systemparameter zu

erzielen, bevor der Datenaustausch zwischen den Stationen des gleichen Clusters durch die Transmissionen einer oder mehrerer Stationen des zweiten, sich nähernden Clusters signifikant gestört wird. Das Ziel einer höheren Synchronisationsreichweite gegenüber der Datenfunkreichweite kann technisch durch folgende Verfahren (angewandt auf die Synchronisationsfolge) realisiert werden:

- höhere Sendeleistung
- 10 - niedrigerer Modulationsindex
- höherer Spreizfaktor bei Einsatz von Bandspreiztechniken
- höhere Empfängerempfindlichkeit
- (optionale) Festlegung eines minimal benötigten Empfangspegels für die Datendetektion

15

Im folgenden wird eine weitere Ausführungsvariante vorgestellt:

- 20 Dezentrale Slot-Synchronisation für selbstorganisierende Datenfunknetze basierend auf dem slotted ALOHA-Verfahren

In einem Funksystem nach dem pure ALOHA-Verfahren sendet jeder Teilnehmer seine Daten sofort nach deren Generierung in Datenpaketen fester Länge. Da die aktuelle Belegung des Funkkanals nicht vor der Sendung überprüft wird, kann es leicht zu Kollisionen mit den Aussendungen von anderen Teilnehmern kommen. Zwei Datenpakete sind verloren, wenn sie kollidieren, d.h. sich auch nur geringfügig zeitlich überlappen.

30

Eine deutliche Verbesserung der Anzahl von erfolgreichen Übertragungen läßt sich dadurch erreichen, dass die Teilnehmer nur zu bestimmten Zeitpunkten senden dürfen. Diese Modifikation des pure ALOHA-Verfahrens wird als slotted ALOHA bezeichnet. Für slotted ALOHA halbiert sich im Vergleich zu pure ALOHA das Zeitintervall, in welchem zwei Datenpakete kollidieren können.

35

Ein Burst, der innerhalb eines Zeitschlitzes beim slotted ALOHA übertragen wird, könnte z.B. die in Fig. 10 gezeigte Struktur aufweisen. Neben der eigentlichen Datensequenz, 5 enthält der Burst noch zumindest eine zusätzliche Sequenz, die sowohl dem Sender auch als auch dem Empfänger bekannt ist und sowohl für die Synchronisation als auch die Kanalschätzung herangezogen werden kann. Abhängig von der Anordnung innerhalb des Bursts spricht man auch von einer 10 Pre- oder Midamble. Die sogenannte Guard-Period (GP) dient der Kompensation von Laufzeitunterschieden, sowie Referenztakt-Toleranzen der Teilnehmer. Üblicherweise wird für die Synchronisation mit Signalspreiztechniken gearbeitet. Damit kann für die Synchronisation der Zeitschlitz, die 15 unter Punkt 3 vorgestellte, dezentrale Slot-Synchronisation vorteilhaft eingesetzt werden.

20 Die oben beschriebenen Figuren zeigen:

Fig. 1: eine Netzstruktur eines mobilen selbstorganisierenden Datenfunknetzes,

25 Fig. 2: ein erstes Beispiel zur Markierung der Synchronisationssequenz zur Rahmensynchronisation,

Fig. 3: ein zweites Beispiel zur Markierung der Synchronisationssequenz zur Rahmensynchronisation,

30 Fig. 4: ein Rahmenstruktur für den UTRA-TDD Modus (Low Chip Rate),

Fig. 5: - Teilbild A:
35 ein Beispiel einer sequentiellen dezentralen Synchronisation,

- Teilbild B:
ein Beispiel einer gemeinsamen dezentralen
Synchronisation,

5 Fig. 6: ein Beispiel zweier asynchroner Cluster,

Fig. 7: eine Darstellung einer aktiven Schutz-Zone und
einer passiven Schutz-Zone,

10 Fig. 8: eine Darstellung einer aktiven Schutz-Zone und den
Stör Reichweiten zu drei Mobilstationen N_1 , N_2 und
 N_3 ,

15 Fig. 9: eine Darstellung einer passiven Schutz-Zone zu drei
Mobilstationen N_1 , N_2 und N_3 ,

Fig. 10: ein Rahmenstruktur für den UTRA-TDD Modus (Low Chip
Rate).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Synchronisation in einem zumindest teilweise selbstorganisierenden Funkkommunikationssystem mit einer
5 Anzahl von Mobilstationen,
welche in gegenseitiger Funkreichweite über eine
Luftschnittstelle liegen,
dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest einige Mobilstationen aus der Anzahl von
10 Mobilstationen Synchronisationssequenzen übertragen,
anhand deren sich ein Teil der oder alle Mobilstationen
der Anzahl von Mobilstationen aufsynchronisieren.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
15 dadurch gekennzeichnet,
dass die Synchronisationssequenzen Teil eines
informationstragenden Datenpaketes sein.
3. Verfahren nach Anspruch 1,
20 dadurch gekennzeichnet,
dass die Synchronisationssequenzen in einem eigenen
Synchronisationskanal übertragen werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
25 dadurch gekennzeichnet,
dass aufsynchronisierende Mobilstationen die
Synchronisationslagen der anderen Mobilstationen
detektieren und ihre eigene Synchronisationslage aus
diesen ableiten.
30
5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Mobilstation für die Bestimmung der eigene
Synchronisationslage die Güte der einzelnen detektierten
35 Synchronisationslagen und/oder ihre vorhergehende
Synchronisationslage berücksichtigt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass Synchronisationsdaten im gleichen Burst, der auch die
Nutzdaten trägt, erfolgt.
- 5
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Synchronisationsdaten über einen weiteren vom
eigentlichen Nutzdatenburst separierten Burst übertragen
werden.
- 10
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Synchronisationssequenzen zyklisch oder
periodisch übertragen werden.
- 15
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Verbesserung der Synchronisation ein Maß für die
Qualität der Referenz angegeben wird.
- 20
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Synchronisationsdaten über einen weiteren vom
eigentlichen Nutzdatenburst separierten Burst übertragen
werden.
- 25
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Synchronisation für Zeitschlitz für eine
Synchronisation von Zeitrahmen verwendet wird.
- 30
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, innerhalb eines
Zeitschlitzes nur eine Mobilstation den Sendebetrieb
aufnimmt.
- 35

13. Mobilstation in einem zumindest teilweise selbstorganisierenden Funkkommunikationssystem,
- 5 dass Mittel zum Empfang von Synchronisationssequenzen einiger Mobilstationen aus einer Anzahl von Mobilstationen vorhanden sind, anhand deren sich die Mobilstation aufsynchronisiert.
- 10 14. Mobilstation nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zum Empfang von Synchronisationssequenzen einiger Mobilstationen aus einer Anzahl von Mobilstationen vorhanden sind.
- 15 15. Funkkommunikationssystem mit mehreren Mobilstationen nach einem der Ansprüche 13 oder 14.

Fig. 1

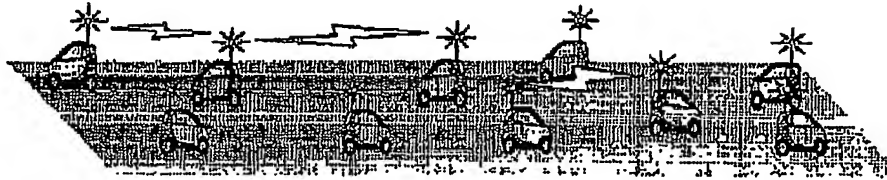


Fig. 2

Beispiel 1:

Rahmen N				Rahmen N+1			
Slot i	Slot i+1	Slot i+2	Slot i+3	Slot i	Slot i+1	Slot i+2	Slot i+3

Markierung der 1. Synchronisationssequenz

Beispiel 2:

Rahmen N				Rahmen N+1			
Slot i	Slot i+1	Slot i+2	Slot i+3	Slot i	Slot i+1	Slot i+2	Slot i+3

Markierung jeder Synchronisationssequenz

Fig. 3

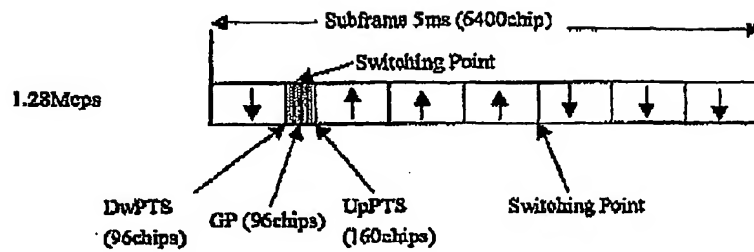
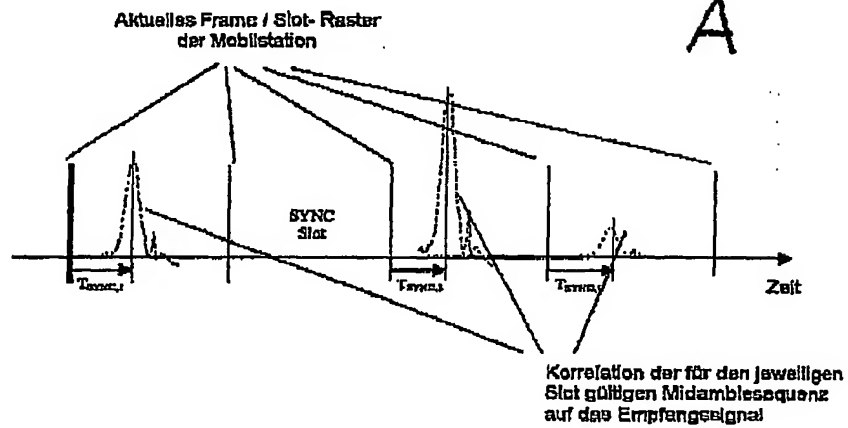
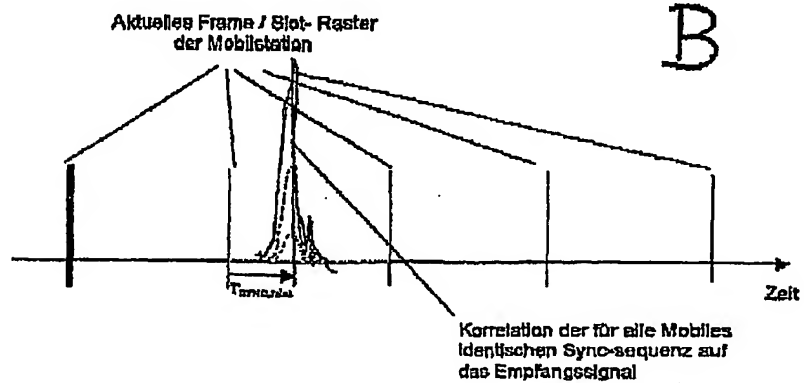
Fig. 4**Fig. 5****Sequential Decentral Synchronisation****Joint Decentral Synchronisation**

Fig. 6

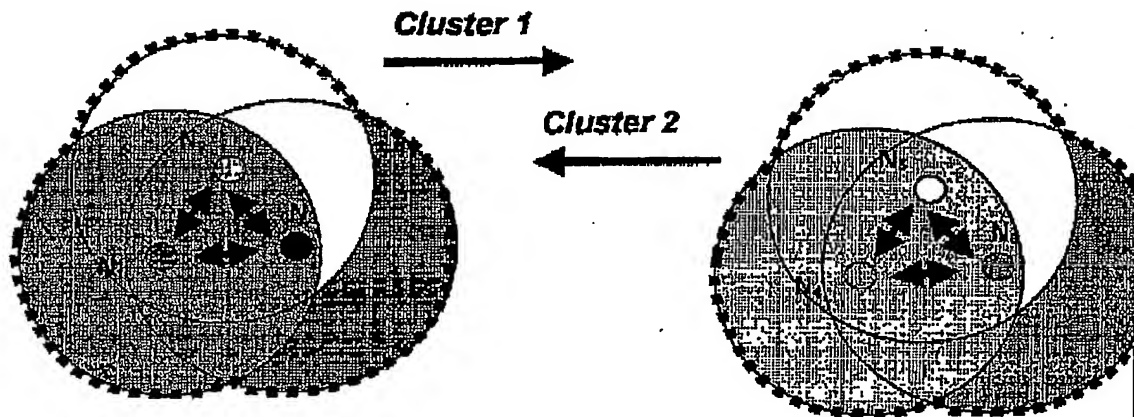


Fig. 7

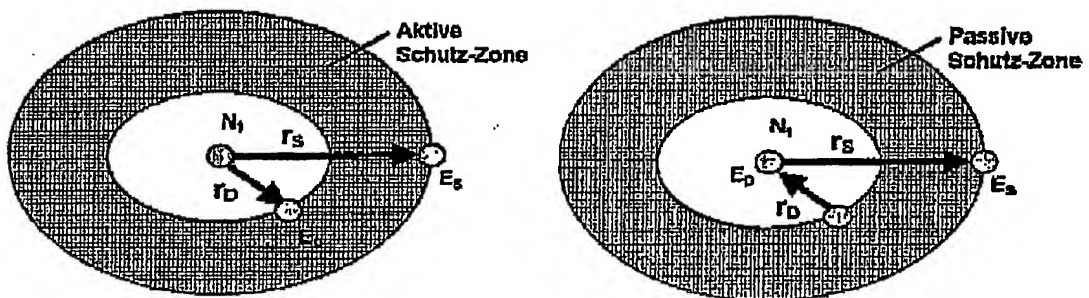


Fig. 8

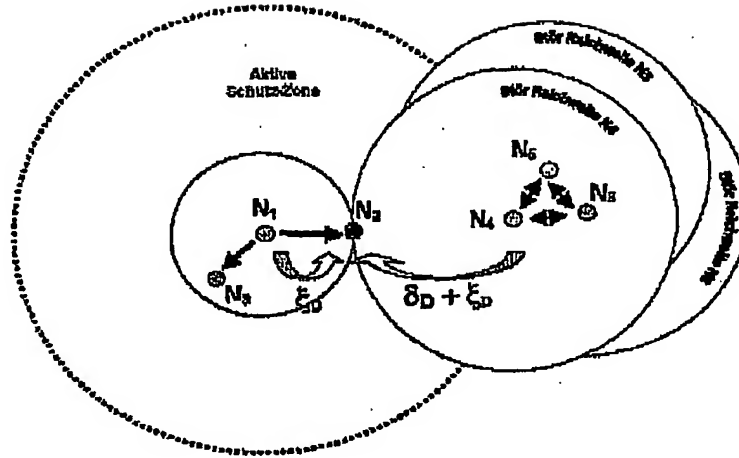


Fig. 9

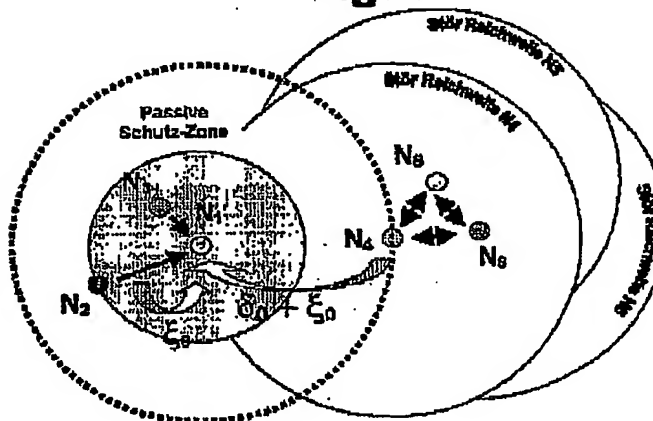
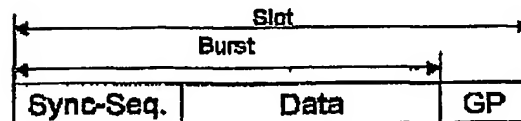


Fig. 10



Zusammenfassung

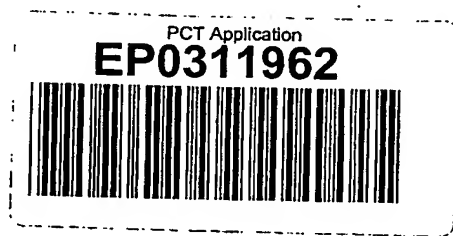
Verfahren zur dezentralen Synchronisation in einem selbstorganisierenden Funkkommunikationssystem

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Synchronisation in einem zumindest teilweise selbstorganisierenden Funkkommunikationssystem mit einer Anzahl von Mobilstationen, welche in gegenseitiger Funkreichweite über eine

10 Luftschnittstelle liegen. Erfindungsgemäß übertragen zumindest einige Mobilstationen aus der Anzahl von Mobilstationen Synchronisationssequenzen, anhand deren sich ein Teil der oder alle Mobilstationen der Anzahl von Mobilstationen aufsynchronisieren.

15



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.